

# PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL IGUAL OU MAIOR QUE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS DE PRIMAVERA-VERÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

ANA MARIA HEUMINSKI DE AVILA<sup>2</sup>, MOACIR A. BERLATO<sup>3</sup>, JOÃO BAPTISTA DA SILVA<sup>4</sup>, DENISE CYBIS FONTANA<sup>5</sup>

**RESUMO** – O estado do Rio Grande do Sul produz cerca de 25% da produção nacional de grãos. Com exceção do arroz, praticamente todas as outras culturas produtoras de grãos são feitas sem irrigação e, portanto, dependentes da precipitação pluvial. Uma maneira simples de avaliar a disponibilidade hídrica climática é através da comparação da precipitação pluvial com a evapotranspiração potencial. Este trabalho teve por objetivo calcular a probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial mensal média para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão do Estado (setembro a maio). O estudo baseou-se em 27 estações meteorológicas, com séries históricas homogêneas, bem distribuídas em todo o Estado e com período de observação variando entre 49 a 78 anos. A probabilidade da precipitação pluvial mensal superar a evapotranspiração potencial decresce à medida que se aproxima o verão. Nos meses mais críticos para as culturas de primavera-verão em relação à água (dezembro, janeiro e fevereiro) essa probabilidade é igual ou menor do que 60% em grande parte do Estado, incluindo as principais regiões produtoras de grãos.

*Palavras-chave:* precipitação pluvial, probabilidade, culturas.

## PROBABILITY OF A MONTHLY RAINFALL BEING EQUAL TO OR GREATER THAN POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION DURING THE GROWING SEASON OF SPRING-SUMMER CROPS IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

**ABSTRACT** – The state of Rio Grande do Sul is responsible for approximately 25% of the national grain production. With the exception of rice, practically all the others agricultural crops are grown without irrigation therefore depending on the natural rainfall regime. The simplest way of estimating the climatic water availability for crops is through comparison of the amount of rainfall with the potential evapotranspiration. Our objectives were to estimate the probability of rainfall being equal to or greater than the monthly average potential evapotranspiration during the growing season of the spring-summer crops in the state (September to May). Our study was based on 27 meteorological stations well distributed in the state and with a homogeneous historic series. The probability of monthly rainfall being greater than the potential evapotranspiration decreases as we approach the summer months. In the critical months according to the water availability (December, January and February), for the spring-summer crops, this probability is equal to or less than 60% in a great portion of the state, including the principal grain producing regions.

*Key words:* rainfall, probability, crops.

### INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul contribui com cerca de 25% da produção de grãos do país. Com exceção do arroz, praticamente todas as outras culturas produtoras de grãos são feitas em condições não irrigada e, portanto, dependentes do regime de chuvas.

Embora a precipitação pluvial seja bem distribuída em todas as estações do ano (primavera 26%, verão 24%, outono 25% e inverno 25%), é a variabilidade interanual deste elemento meteorológico o principal fator limitante às culturas de primavera-verão do Estado (BERLATO, 1992).

Através do estudo do comportamento da precipitação pluvial e sua comparação com a evapotranspi-

ração potencial (ETP), pode-se avaliar, de forma aproximada, a disponibilidade hídrica climática para a agricultura. Diz-se que ocorre deficiência hídrica climática quando a precipitação não atende a demanda expressa pela evapotranspiração.

BERLATO e GONÇALVES (1978) e BERLATO et al. (1992) mostraram a existência de alta correlação entre o rendimento de grãos de soja e o índice hídrico constituído da razão entre a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial ou de referência. No primeiro destes trabalhos (BERLATO e GONÇALVES, 1978), os autores encontraram que bons rendimentos da soja eram obtidos sempre que a precipitação era, no mínimo, igual a evapotranspiração potencial, no subperíodo crítico dessa cultura, que no Rio Grande do Sul coinci-

1. Parte da dissertação de mestrado apresentada na Faculdade de Agronomia da UFRGS.

2. Bel. Met., M.Sc.

3. Eng. Agr., Dr.- Prof. Adjunto do Dep. de Forrageiras e Agrometeorologia da Fac. de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

4. Eng. Agr., Dr.- Prof. Adjunto do Dep. de Matemática, Estatística e Computação da UFPel, Caixa Postal 354, 96001-970 Pelotas-RS/BRASIL.

5. Eng. Agr., Dr.<sup>a</sup> - Prof.<sup>a</sup> Adjunta do Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Recebido para publicação em 23/11/1995.

de quase sempre com os meses de janeiro e fevereiro.

Vários autores têm usado como método de cálculo de probabilidade de precipitação a função de distribuição gama (THOM, 1958, 1966; BERLATO, 1970; CONDE e ROJAS, 1980; ASSIS, 1993). BARGER e THOM (1949) sugeriram a distribuição gama incompleta como modelo teórico para aproximar as probabilidades de precipitação para períodos mensais ou menores, ou, até mesmo para períodos maiores, em regiões onde seja comum a ocorrência de valores baixos de precipitação. ÁVILA (1994) mostrou que a precipitação pluvial mensal do Rio Grande do Sul se ajusta adequadamente à distribuição gama incompleta.

O objetivo deste trabalho foi calcular a probabilidade de ocorrência de precipitação igual ou maior do que a evapotranspiração potencial mensal média para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão (setembro a maio) no estado do Rio Grande do Sul

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas séries históricas homogêneas de precipitação pluvial mensal, provenientes de 27 estações meteorológicas da rede do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), representativas das condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul e com período observação que va-

riou de 49 a 78 anos (Tabela 1 e Figura 1).

A evapotranspiração potencial (ETP) foi calculada pelo método de Thornthwaite (THORNTHWAITE e MATHER, 1957), usando valores normais de temperatura média mensal.

A probabilidade da precipitação pluvial mensal ser igual ou maior do que a evapotranspiração potencial foi calculada pela função gama incompleta utilizando os parâmetros dessa função determinados por ÁVILA (1994).

A distribuição geográfica das probabilidades no Estado foi representada por isolinhas definidas através de um algoritmo de interpolação espacial, usando o método Krigging (CRESSIE, 1991).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição geográfica das probabilidades da precipitação pluvial mensal relacionadas com a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão do estado do Rio Grande do Sul (setembro a maio) é apresentada nas Figuras 2, 3 e 4.

Observa-se que, nos meses de setembro e outubro, a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial é relativamente alta (acima de 90% em setembro e acima de 70% em outubro) em gran-

**TABELA 1 – Estações meteorológicas, coordenadas geográficas e período de observação**

Locais	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)	Período
Alegrete	121	29° 46' 47"	55° 07' 15"	1922-89
Bagé	216	31° 20' 13"	54° 06' 21"	1913-90
Caçapava do Sul	450	30° 30' 32"	53° 29' 22"	1915-90
Caxias do Sul	787	29° 10' 25"	51° 12' 21"	1913-90
Cruz Alta	730	28° 38' 21"	52° 31' 20"	1913-90
Encruzilhada do Sul	427	30° 32' 35"	52° 31' 20"	1914-90
Iraí	222	27° 11' 45"	53° 14' 01"	1936-90
Lagoa Vermelha	815	28° 25' 35"	51° 35' 51"	1915-90
Marcelino Ramos	414	27° 27' 40"	51° 54' 22"	1917-90
Palmeira das Missões	634	27° 53' 55"	53° 26' 45"	1915-90
Passo Fundo	667	28° 15' 39"	52° 24' 33"	1914-90
Piratini	345	31° 26' 54"	53° 06' 09"	1917-90
Porto Alegre	10	30° 01' 53"	51° 13' 19"	1913-90
Rio Grande	5	32° 01' 44"	52° 05' 40"	1913-90
Santana do Livramento	210	30° 53' 18"	55° 31' 56"	1913-90
Santa Maria	95	29° 41' 25"	53° 48' 42"	1913-90
Santiago	525	29° 11' 00"	54° 53' 10"	1915-89
Santa Vitória do Palmar	5	33° 31' 14"	53° 21' 47"	1913-90
Santo Ângelo	289	28° 18' 14"	54° 15' 52"	1915-90
São Borja	96	28° 39' 44"	56° 00' 15"	1914-90
São Francisco de Paula	912	29° 20' 00"	51° 43' 12"	1913-61
São Gabriel	124	30° 20' 17"	54° 99' 01"	1913-90
São Luiz Gonzaga	260	28° 32' 27"	54° 58' 18"	1913-90
Tapes	5	30° 50' 00"	51° 35' 00"	1923-90
Torres	6	29° 20' 34"	49° 43' 39"	1914-90
Uruguaiana	74	29° 45' 23"	57° 05' 12"	1913-90
Vacaria	960	28° 33' 00"	50° 42' 21"	1915-90

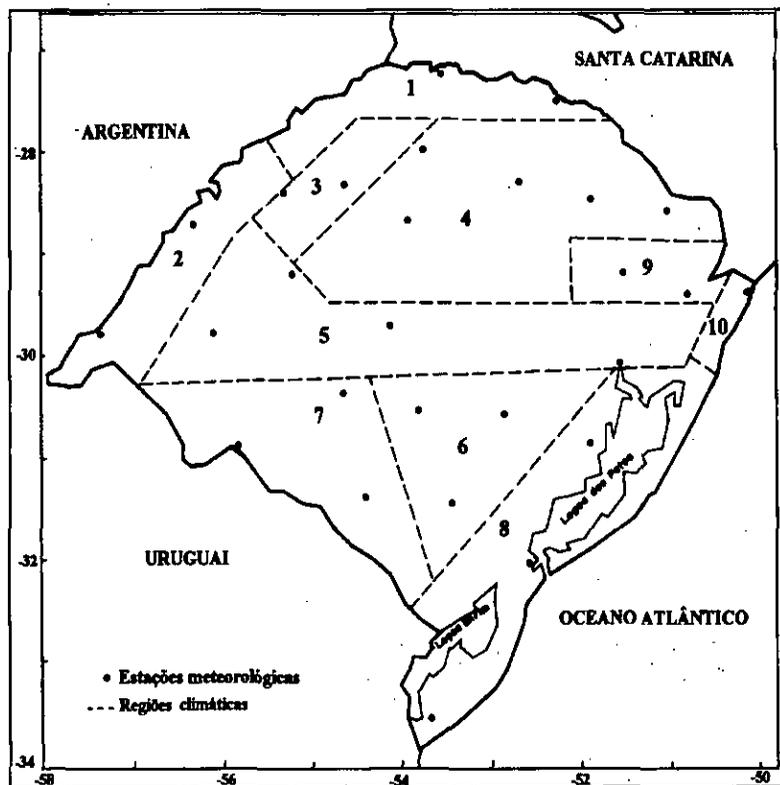


FIGURA 1 – Estações meteorológicas e regiões climáticas do estado do Rio Grande do Sul: 1. Alto Vale do Uruguai, 2. Baixo Vale do Uruguai, 3. Missões, 4. Planalto, 5. Depressão Central, 6. Serra do Sudeste, 7. Campanha, 8. Litoral Sul, 9. Serra do Nordeste, 10. Litoral Norte. Fonte: Adaptado de MACHADO (1950)

de parte do Estado (Figuras 2a e 2b). Esses dois meses representam o início do ano agrícola para as culturas de primavera-verão, com as atividades de preparo do solo e as primeiras semeaduras.

Em novembro, a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial cai bastante. Apenas na metade norte do Estado essa probabilidade supera os 50% (Figura 2c). Novembro é mês central do período de semeadura recomendado pela pesquisa agrônoma para importantes culturas de primavera-verão, como é o caso, por exemplo, da soja.

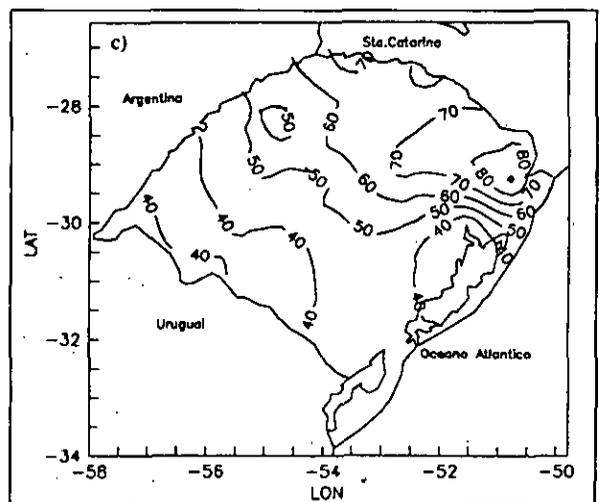
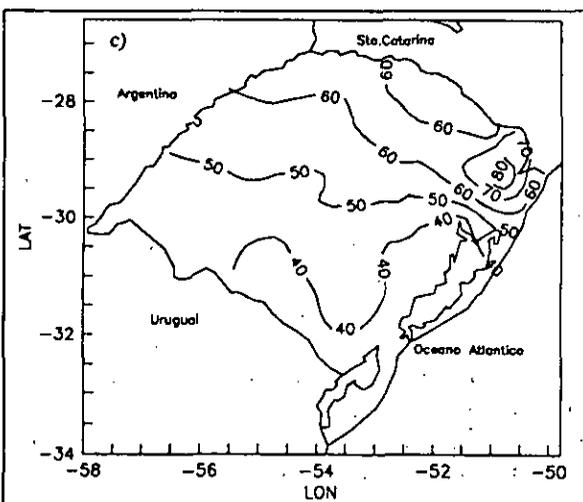
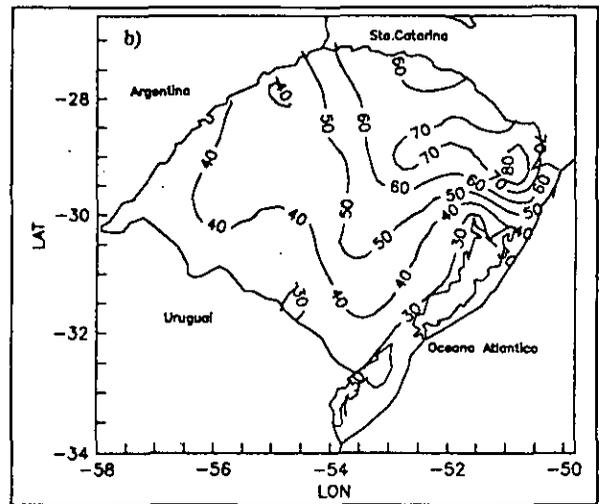
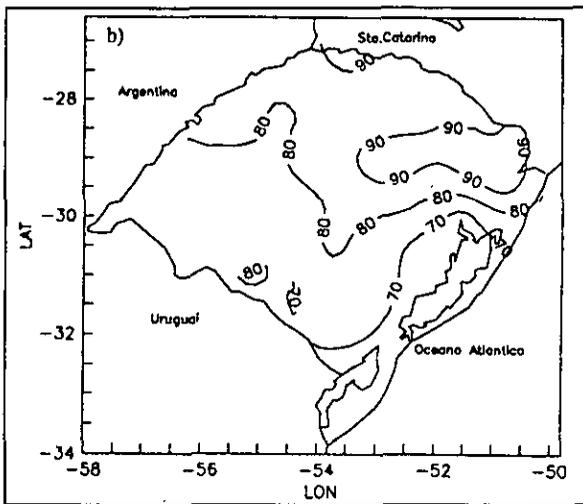
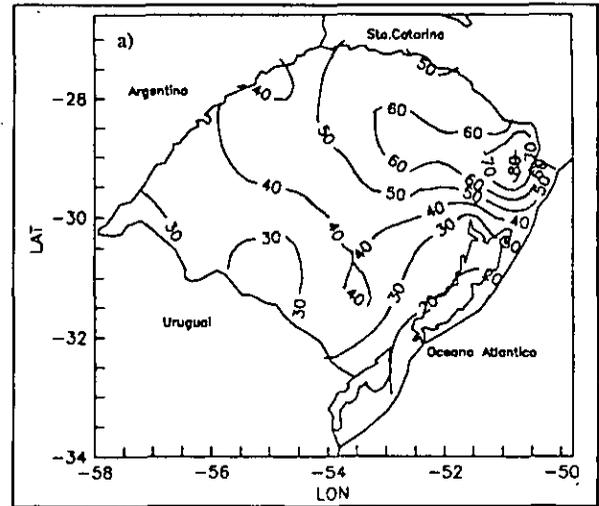
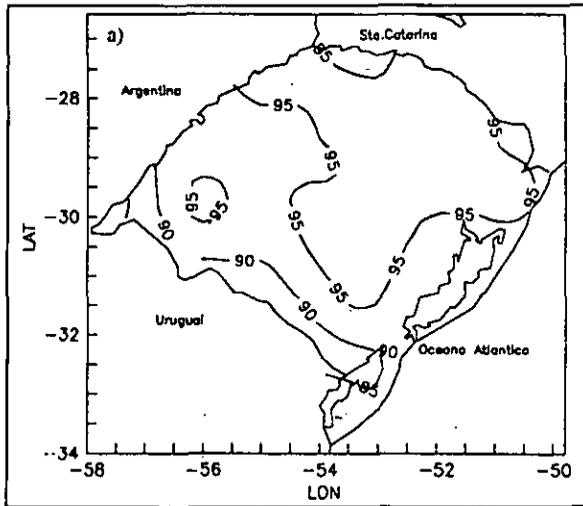
Durante o período de semeadura e estabelecimento das culturas de primavera-verão as necessidades hídricas são inferiores à ETP ( $K_c < 1,0$ ) (MATZENAUER, 1992). Mesmo assim, quando a probabilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial é muito baixa, como é o caso do mês de novembro, pode ocorrer deficiência hídrica nesse período do calendário agrícola.

Em dezembro, com a aproximação do solstício de verão, aumenta a radiação solar e a temperatura, aumentando conseqüentemente a demanda evaporativa da atmosfera. Como a precipitação pluvial apresenta pequena variação da primavera para o verão, isso se reflete na queda da probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial. Em grande parte do Estado a probabilidade de se ter precipitação pluvial

igual ou maior do que a evapotranspiração potencial em dezembro é inferior a 50%, e em regiões como o Litoral Sul, parte da Campanha e parte do Baixo Vale do Uruguai essa probabilidade é igual ou menor do que 30% (Figura 3a).

As probabilidades da precipitação pluvial superar a evapotranspiração em janeiro e fevereiro diminuem. Em grande parte do território rio-grandense, incluindo as principais regiões produtoras de grãos (Planalto Oeste, Missões, Vale do Uruguai e Depressão Central) a probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou superior a evapotranspiração potencial é menor do que 60% (Figuras 3b e 3c). Em janeiro, em toda a região do Litoral Sul, praticamente toda a Campanha e parte do Baixo Vale do Uruguai a probabilidade é igual ou menor do que 40% (Figura 3b).

Dezembro, janeiro e fevereiro são os meses mais críticos do calendário agrícola do estado do Rio Grande do Sul. Estes são os meses mais quentes do ano, com máxima demanda evaporativa da atmosfera, e é nessa época que as principais culturas de primavera-verão estão no período de máximo crescimento vegetativo e reprodução, com o máximo consumo de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico. Nesse período, as necessidades hídricas das duas grandes culturas não irrigadas do Estado (*milho e soja*) são, em geral, maiores que a ETP ( $K_c > 1,0$ ) (MATZENAUER, 1992).



**FIGURA 2 –** Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para os meses de: a) setembro; b) outubro c) novembro, no estado do Rio Grande do Sul.

**FIGURA 3 –** Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior que a evapotranspiração potencial para os meses de a) dezembro b) janeiro c) fevereiro, no estado do Rio Grande do Sul.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL IGUAL OU MAIOR QUE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS DE PRIMAVERA-VERÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

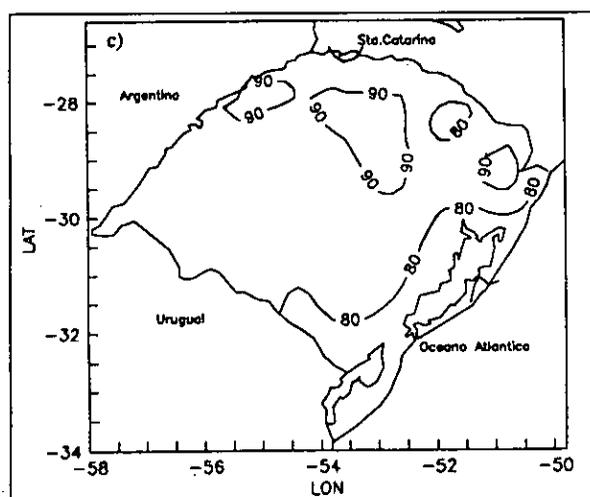
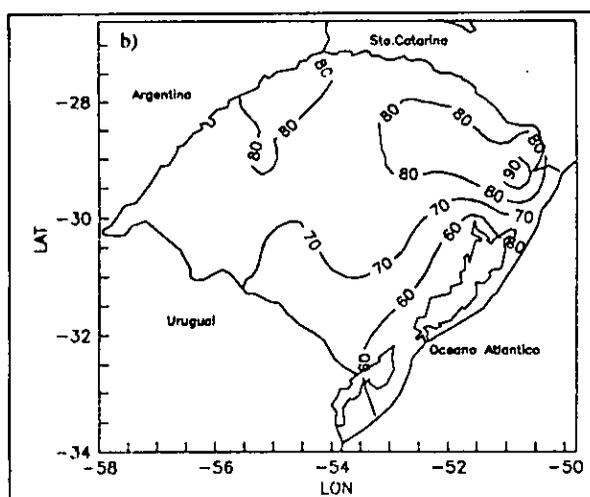
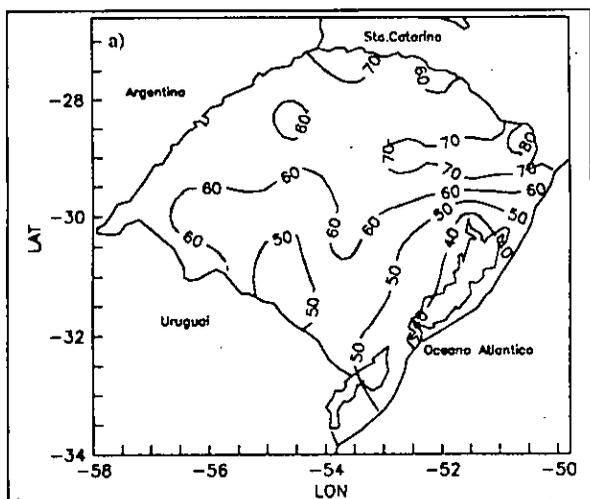


FIGURA 4 – Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para os meses de: a)março b)abril c)maio, no estado do Rio Grande do Sul

A baixa probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial é que determina a alta frequência de ocorrência de déficit hídrico nesses três meses do ano, ocasionando não só quebra de rendimento das culturas produtoras de grãos, mas também prejudicando o crescimento das pastagens, e com isso atingindo a pecuária.

Segundo BERLATO et al. (1996), a frequência de rendimento abaixo da média, nos últimos 20 anos, determinada por estiagens em dezembro, janeiro e fevereiro para as culturas de soja e milho foi de 30%.

De março a maio, principalmente por queda da demanda evaporativa da atmosfera, aumenta a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial (Figuras 4a, 4b e 4c). Em mais da metade do Estado, abrangendo as regiões climáticas da Serra do Nordeste, Planalto, Missões, Vale do Uruguai e parte da Campanha, essa probabilidade é maior do que 60% em março (Figura 4a) e 70% em abril (Figura 4b). Em maio, com exceção do Litoral, todo o restante do território rio-grandense, tem probabilidade maior do que 80% da precipitação superar a evapotranspiração potencial (Figura 4c).

Abril e maio são meses do calendário agrícola em que ocorre a maturação e a colheita das principais culturas produtoras de grãos do Estado. Nesse período as necessidades hídricas caem drasticamente ( $K_c < 1,0$ ) (MATZENAUER, 1992). Pela relativamente alta probabilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial (Figuras 4b e 4c), ocorre, com frequência, nesses dois meses do ano, excesso de umidade, o que pode prejudicar a maturação das plantas e as atividades de colheita.

## CONCLUSÃO

A baixa probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial no verão (dezembro, janeiro e fevereiro) enfatiza a necessidade de planejamento quanto à épocas de semeadura das culturas de primavera-verão e, também, quanto à utilização de técnicas de irrigação.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ASSIS, F. N. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, p.131-136, 1993.
- ÁVILA, A.M.H.de. *Regime de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo*. Porto Alegre, UFRGS. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1994.
- BARGER, G. L. ; THOM, H. C. S. Evaluation of drought Hazard. *Agronomy Journal*, Madison, v.41, n.11, p. 519-526, 1949.
- BERLATO, M. A. *Análise de alguns elementos componen-*

- tes do agroclima do estado do Rio Grande do Sul.** Turrialba: IICA. 117f. Tese (Mestrado em Climatologia). IICA. 1970.
- BERLATO, M.A.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o índice hídrico P/ETP e rendimento da soja [*Glycine max(L.) Merr.*]. **Agronomia Sul Rio-grandense**, Porto Alegre, v.14, n.2, p. 227-233, 1978.
- BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H.(Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.11-24.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o rendimento de grãos de soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.675-702, 1992.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; OLIVEIRA, D. **Chuva e rendimento de grãos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1996. (não publicado).
- CONDE, A.A.; ROJAS, A.C. de. **Probabilidades de chuvas para la Provincia de Entre Rios**. Entre Rios, 1980. 72p. (Série Técnica n.49).
- CRESSIE, N. **Statistical for spatial data**. New York: Willey & Sons, 1991. 900p. cap 9.
- MACHADO, P.F. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91p.
- MATZENAUER, R. **Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura**. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.33-47.
- THOM, H.C.S. A note on the Gamma Distribution. **Monthly Weather Review**, v.86, n.4, p. 117-122, 1958.
- THOM, H.C.S. **Some methods of climatological analysis**. Geneve: WMO, 1966. 53p. (Technical Note, 81).
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instrutions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. **Publications in climatology**, Centerton, New Jersey, v.10, n.4, p.181-311, 1957.